

5.	SEMICONDUCTOR	LASER	ELEMENT
PAJ	03-01-99	11074606 JP	NDN- 043-0134-1508-3
INVENTOR(S)-	IWAMOTO,	TAKASHI	
PATENT	APPLICATION	NUMBER-	09249768
DATE	FILED-		1997-08-29
PUBLICATION	NUMBER-	11074606	JP
DOCUMENT	TYPE-		A
PUBLICATION	DATE-		1999-03-16
INTERNATIONAL	PATENT	CLASS-	H01S00318
APPLICANT(S)-	VICTOR	CO OF JAPAN	LTD
PUBLICATION	COUNTRY-		Japan

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a semiconductor laser element so designed that the temperature at semiconductor laser element's operation becomes minimum, when a heat sink of high thermal resistance is used.

SOLUTION: Relating to the element, on a substrate 2, a clad layer 3, an active layer 4, a clad layer 5, current constriction layers 6(sub)1(end sub) and 6(sub)2(end sub) comprising a gap d(sub)1(end sub) are formed sequentially, a current is made to flow in the active layer 4, and a semiconductor laser element wherein an interval between end surfaces 10a and 10b reflecting the laser light coming out of a waveguide region 4(sub)1(end sub) of such an active layer 4 corresponding to the distance d(sub)1(end sub) is resonator length L is placed on a heat sink 12 of high thermal resistance RM, for operation. Here,  $L = \{k \cdot \ln(1/(R(\text{sub})f(\text{end sub}) \cdot R(\text{sub})r(\text{end sub}))^{1/2} / RM \cdot ((\alpha) + b))^{1/2}\}$ , where reflection factor of end surfaces 10a and 10b are R(sub)f(end sub) and R(sub)r(end sub), respectively, waveguide loss in waveguide region 4(sub)1(end sub) is (alpha), constants, wherein relationship between current density J of current injected into active layer 4 and laser light's gain g is a.J-b, are a and b, and

total thermal resistance of semiconductor laser element is  $k/L + RM$  (k is constant).  
 COPYRIGHT: (C)1999,JPO

NO-DESCRIPTORS .

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-74606

(43) 公開日 平成11年(1999) 3月16日

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>  
H 0 1 S 3/18

識別記号

F I  
H 0 1 S 3/18

審査請求 未請求 請求項の数 1 F D (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平9-249768

(22) 出願日 平成9年(1997) 8月29日

(71) 出願人 000004329

日本ビクター株式会社  
神奈川県横浜市神奈川区守屋町3丁目12番  
地

(72) 発明者 岩本 隆

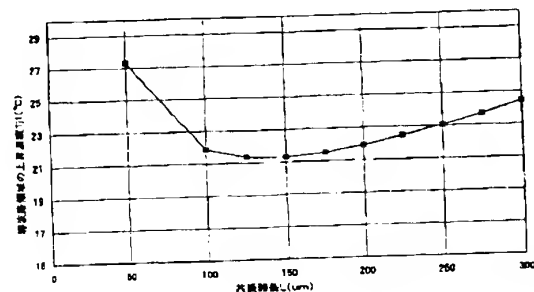
神奈川県横浜市神奈川区守屋町3丁目12番  
地 日本ビクター株式会社内

(54) 【発明の名称】 半導体レーザ素子

(57) 【要約】

【課題】 熱抵抗の高いヒートシンクを用いる場合における、半導体レーザ素子の動作時の温度が最小となるように設計された半導体レーザ素子を提供する。

【解決手段】 基板2上にクラッド層3、活性層4、クラッド層5、間隔 $d_1$ を有した電流狭窄層 $6_1$ 、 $6_2$ を順次形成し、活性層4に電流を注入し、間隔 $d_1$ に対応した活性層4の導波路領域 $4_1$ から出射されるレーザ光を反射する端面10a、10bの間が、共振器長 $L$ である半導体レーザ素子を熱抵抗 $R_H$ の高いヒートシンク12上に載置して動作を行うに際し、端面10a、10bの反射率をそれぞれ $R_f$ 、 $R_r$ 、導波路領域 $4_1$ 中での導波損失を $\alpha$ 、活性層4に注入された電流の電流密度 $J$ と、レーザ光の利得 $g$ の関係を $a \cdot J - b$ とした時の定数を $a$ 、 $b$ 、半導体レーザ素子の総熱抵抗を定数 $k$ を用いて、 $k = L + R_H$ とし、 $L = \{k \cdot \ln(1 / (R_f \cdot R_r \cdot (\alpha + b)))\} / R_H$ とした。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】少なくとも、半導体基板上に第1クラッド層と、活性層と、第2クラッド層と、所定の間隔を有した電流狭窄層を順次形成し、前記活性層に電流を注入し、前記所定の間隔に対応した前記活性層の導波路領域から出射されるレーザ光を反射する2つの端面を有し、前記2つの端面の間に共振器長 $L$ を有した半導体レーザ素子を熱抵抗 $R_H$ の高いヒートシンク上に載置して動作を行うに際し、

前記2つの端面のうち、前記導波路領域から出射されるレーザ光を反射する一方の端面の反射率を $R_F$ とし、他方の端面の反射率を $R_T$ とし、前記導波路領域中でのレーザ光の導波損失を $\alpha$ とし、前記活性層に注入された電流の電流密度 $J$ と、前記活性層に注入された電流がレーザ光出力に変換される割合を示すレーザ光の利得 $g$ の関係を $a \cdot J - b$ とした時の定数を $a$ 、 $b$ とし、前記半導体レーザ素子の総熱抵抗を比例定数 $k$ を用いて、 $k \cdot L + R_H$ とする時、

$$L = \{ k \cdot \ln \{ 1 + (R_F + R_T)^{1/2} \} + R_H \cdot (\alpha + b) \}^{1/2}$$

としたことを特徴とする半導体レーザ素子。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、熱抵抗の高いヒートシンク上で動作を行う場合の用途に適した半導体レーザ素子に関する。

## 【0002】

【従来の技術】半導体レーザ素子は、光ディスク装置やレーザプリンタ等の光源として広く利用されている。この半導体レーザ素子のレーザ発振は、この半導体レーザ素子に電流を注入することによって行われるが、この際、この電流により発生した熱によって、この半導体レーザ素子の温度が上昇することが知られている。この半導体レーザ素子の温度が上昇しすぎると、結晶欠陥や転位が発生しやすくなり、この半導体レーザ素子の信頼性を低下させる原因となる。このため、この半導体レーザ素子の駆動を行う場合には、この半導体レーザ素子に発生した熱を効率良く放出させるために放熱性の高いヒートシンク上にこの半導体レーザ素子を載置して用いられてきた。

【0003】以下に、このヒートシンク上にこの半導体レーザ素子を載置した構造について図2乃至図4を参照しながら説明する。図2は、半導体レーザ素子であり、(A)は平面図、(B)は(A)のa-aの断面図、(C)は(A)のb-b側面図である。図3は、半導体レーザ素子の電流-電圧特性である。図4は、半導体レーザ素子をヒートシンク上に載置した構造の断面図である。

【0004】まず初めに、半導体レーザ素子1の構造に

ついて説明する。n型半導体基板2上にn型クラッド層3、活性層4、p型クラッド層5を順次積層し、このp型クラッド層5の上に所定の間隔幅 $d_1$ を有して、n型電流狭窄層 $6_1$ 、 $6_2$ が形成されている。このp型クラッド層5及びn型電流狭窄層 $6_1$ 、 $6_2$ 上にp型コンタクト層7が形成され、このp型コンタクト層7の上にp型オーミック電極8が形成されている。なお、積層方向と逆方向のn型半導体基板2には、n型オーミック電極9が形成されている。この活性層4は、このn型電流狭窄層 $6_1$ と $6_2$ の間隔幅 $d_1$ に対応する導波路領域 $4_1$ と、n型電流狭窄層 $6_1$ 及び $6_2$ に対応する吸収領域 $4_2$ とから形成されている。また、この活性層4で発光した光の導波する方向の半導体レーザ素子1の長さ $L$

(以下、長さ $L$ を共振器長 $L$ と呼ぶことにする。)である。通常、この半導体レーザ素子1から出射されるレーザ光の一方の出射側の端面10aと他方の出射側の端面10bには出射されるレーザ光の熱による損傷を防止するために図示しない端面保護膜が形成されている。この端面保護膜の厚さや構造によって、一方の端面10aの反射率 $R_F$ と他方の端面10bの反射率 $R_T$ を異ならせることができる。また、この端面10aまたは端面10bのうちどちらか一方から出力されるレーザ光は、図示しないフォトディテクタに照射し、このフォトディテクタの出力を半導体レーザ素子1へフィードバックし、半導体レーザ素子1のレーザ出力を常に所定値となるように制御するために利用される。一般的に、半導体レーザ素子1のレーザ出力を常に所定値となるようにするためのレーザ光は、大きなレーザ光出力を必要としないので、このレーザ光が出射する端面側の反射率は大きくしてあり、機器測定に利用するためのレーザ光を出射する端面側では、大きなレーザ光出力を得るために端面の反射率は小さくしている。このため、通常、一方の端面10aの反射率 $R_F$ と他方の端面10bの反射率 $R_T$ とは異なっている。

【0005】このような半導体レーザ素子1のp型オーミック電極8側からn型オーミック電極9側へ電流を注入し、この電流が、発振しきい値電流 $I_{TH}$ 以上になると、この半導体レーザ素子1はレーザ発振を開始し、このレーザ発振したレーザ光は、この半導体レーザ素子1の導波路領域 $4_1$ を伝搬し、この半導体レーザ素子の端面10a及び端面10bから放出されることになる。この導波路領域 $4_1$ は、レーザ発振を行うために高い密度の電流が流れ、レーザ発光が行われる発光領域となるので、最も温度が高くなる領域となる。

【0006】次に、この半導体レーザ素子1のヒートシンク12上への載置した構造について説明する。図4に示すように、この半導体レーザ素子1のヒートシンク12上への載置は、p型オーミック電極側8をヒートシンク12に対向させて、載置材料11を介して行う。この載置材料11としては、半導体レーザ素子1から発生す

る熱の放熱性を良好に行うことができる熱伝導度の高いIn, AuSn, AuSi, Sn等が用いられる。また、このヒートシンク12の材料としては、半導体レーザ素子1から発生する熱の放熱を良好に行うことができるように熱伝導度が高く、即ち熱抵抗が低く、かつ半導体レーザ素子との熱応力を緩和するために、半導体レーザ素子1との熱膨張係数の差が小さいSiC、Si、ダイヤモンド等が用いられる。

【0007】ここで、熱抵抗は、半導体レーザ素子1やヒートシンク12等へ供給される電力に対するこの半導体レーザ素子1やヒートシンク12等が上昇する温度である。このため、ヒートシンク12の材料に熱抵抗の低いものを用いると、半導体レーザ素子1から発生した熱を効率良く放出することができるため、半導体レーザ素子1の温度上昇を低く抑えることができる。

【0008】このようにして、半導体レーザ素子1に注入された電流によって発生する熱は、載置材料11を介して、ヒートシンク12を通り、外部に効率よく放熱さ

$$I_{TH} = a^{-1} \cdot L \cdot (\alpha + 1 \angle L \cdot \ln(1 \angle (R_f + R_r)^{1/2}) + b) \dots (1)$$

$$V_{TH} = V_0 + r \cdot I_{TH} \dots (2)$$

となる。ここで、半導体レーザ素子1の活性層に注入される電流密度をJと、この電流密度Jに対するレーザ光に変換する割合を示すレーザ光の利得gの関係は

$$g = a \cdot J - b$$

である。このa、bは電流密度Jとレーザ光出力の利得gとの関係に関わる定数である。

【0011】このことから、半導体レーザ素子1の消費する電力 $P_{TH}$ は、

$$P_{TH} = I_{TH} \cdot V_{TH} = I_{TH} \cdot (V_0 + I_{TH} \cdot r) \dots (3)$$

となる。しかし、図3に示すように半導体レーザ素子1の発振しきい値電流 $I_{TH}$ 以上では、その電流I-電圧V特性の傾きは急峻であるので、 $V_0$ と $I_{TH} \cdot r$ との関係は、

$$V_0 \gg I_{TH} \cdot r$$

となる。このため、半導体レーザ素子1の消費する電力 $P_{TH}$ は、

$$P_{TH} = V_0 \cdot I_{TH} \dots (4)$$

となる。

【0012】ところで、この半導体レーザ素子1の発熱領域は、前述したように、活性層4の導波路領域4<sub>1</sub>が支配的であるので、この半導体レーザ素子1の上昇する温度は、この導波路領域4<sub>1</sub>で発生する温度と略等となる。この半導体レーザ素子1の温度は、レーザ光の伝搬する共振器長L方向に一次的に長くなった導波路領域

$$T_{j2} = a^{-1} \cdot k \cdot (\alpha + 1 \angle L \cdot \ln(1 \angle (R_f + R_r)^{1/2}) + b) \cdot V_c \dots (8)$$

となる。このように、半導体レーザ素子1の導波路領域4<sub>1</sub>の上昇温度 $T_{j2}$ は、共振器長Lが長くなると小さくなるので、半導体レーザ素子1に生じる熱による結晶欠

陥や転位を発生させることなく安定駆動させることができる。

【0009】ところで、この半導体レーザ素子1の導波路領域4<sub>1</sub>の温度は、半導体レーザ素子1の共振器長Lと関係している。以下に、半導体レーザ素子1の熱抵抗の共振器長L依存性について図2及び図3を参照しながら説明する。

【0010】図3において、立上がり電圧 $V_0$ は半導体レーザ素子1に電流が流れ始める電圧、前述したように、発振しきい値電圧 $V_{TH}$ は半導体レーザ素子1がレーザ発振を開始する電圧、発振しきい値 $I_{TH}$ は半導体レーザ素子1がレーザ発振を開始する電流である。p型オーミック電極8とn型オーミック電極9の間の抵抗をr、レーザ光が導波する導波路の導波損失を $\alpha$ 、定数をa、bとすると、発振しきい値電流 $I_{TH}$ 、発振しきい値電圧 $V_{TH}$ は、一般的に、それぞれ

領域4<sub>1</sub>から発生する熱による温度とみなせるので、この共振器長Lが長くなるほど、この半導体レーザ素子1の放熱性は良好になる。このため、半導体レーザ素子1の熱抵抗 $R_\theta$ は、共振器長Lに逆比例成分を有する。即ち、kを比例定数とすると、

$$R_\theta = k \angle L \dots (5)$$

となる。この結果、半導体レーザ素子1の総熱抵抗 $R_T$ は、この半導体レーザ素子1の共振器長Lに逆比例する熱抵抗 $R_\theta$ とヒートシンク12に用いられる材料の材質や形状から決まる固有の熱抵抗 $R_{\theta2}$ とからなる。

$$\text{即ち、} R_T = R_\theta + R_{\theta2} \dots (6)$$

となる。

【0013】このヒートシンク12の材料が熱伝導率が高く放熱性に優れている場合には、このヒートシンク12の熱抵抗 $R_{\theta2}$ は、半導体レーザ素子1の熱抵抗 $R_\theta$ に比較し、十分低い値である。このため、この導波路領域4<sub>1</sub>から発生する熱による半導体レーザ素子1の総熱抵抗 $R_T$ は、熱抵抗 $R_\theta$ にほぼ等しくなる。

【0014】この結果、半導体レーザ素子1の導波路領域4<sub>1</sub>の上昇温度 $T_{j2}$ は、熱抵抗 $R_\theta$ による発熱だけであるので、

$$T_{j2} = P_{TH} \cdot R_\theta \dots (7)$$

となる。(1)式、(4)式、(5)式、(7)式とから

陥や転位の発生を減少させることができる。しかしながら、この半導体レーザ素子1の共振器長Lを長くしすぎると、材料コストが上昇するので、通常、共振器長Lは

250 $\mu\text{m}$ 程度で用いられている。

【0015】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、このヒートシンク12は、良好な放熱性を保つために、形状が大きく、高価な材料を必要とするため、半導体レーザ素子1の放熱用にこのヒートシンク12を用いて構成された光ディスク装置やレーザプリンタ等の装置が大型化し、かつコスト高の原因となっていた。そこで、本発明は、上記のような問題点を解消するためになされたもので、熱抵抗の高いヒートシンクを用いる場合において、半導体レーザ素子の動作時の温度上昇が最小となるように設計された半導体レーザ素子を提供することを目的とする。

【0016】

【課題を解決するための手段】本発明の半導体レーザ素子によれば、少なくとも、半導体基板上に第1クラッド層と、活性層と、第2クラッド層と、所定の間隔を有した電流狭窄層を順次形成し、前記活性層に電流を注入し、前記所定の間隔に対応した前記活性層の導波路領域から出射されるレーザ光を反射する2つの端面を有し、前記2つの端面の間が共振器長 $L$ を有した半導体レーザ素子を熱抵抗値 $R_H$ の高いヒートシンク上に載置して動作を行うに際し、前記2つの端面のうち、前記導波路領域から出射されるレーザ光を反射する一方の端面の反射率を $R_f$ とし、他方の端面の反射率を $R_r$ とし、前記導

$$T_{j1} = a^{-1} \cdot (\alpha + 1 \cdot L \cdot \ln(1 / (R_f \cdot R_r)^{1/2}) + b) \cdot (k + R_H \cdot L) \cdot V_0 \quad \dots (9)$$

となる。更に、半導体レーザ素子1の導波路領域41の上昇温度 $T_{j1}$ の最小値となる共振器長 $L_0$ を $T_{j1}$ を $L$ で

$$L_0 = \{k \cdot \ln(1 / (R_f \cdot R_r)^{1/2}) / (R_H \cdot (\alpha + b))\}^{1/2} \quad \dots (10)$$

となり、この半導体レーザ素子1の導波路41の上昇温度 $T_{j1}$ を最小にする共振器長 $L_0$ があることがわかる。このことから、熱抵抗の高い材料をヒートシンク12に用いる場合には、半導体レーザ素子1の共振器長 $L$ を $L_0$ にすれば、この半導体レーザ素子1に発生する熱による温度の上昇を最も低くでき、この半導体レーザ素子1の動作温度範囲を広げることができる。

【0019】ここで、GaAlAs系の半導体レーザ素子1を熱抵抗 $R_{H1}$  ( $R_{H1} = 140$  ( $^{\circ}\text{C}/\text{W}$ ))の高い材料として鉄を用いたヒートシンク12に載置した場合の半導体レーザ素子1の導波路領域41の上昇温度 $T_{j1}$ とこの共振器長 $L$ との関係について説明する。この場合、 $a = 2 \times 10^{-2}$  ( $\text{A}^{-1}$ )、 $b = 5$ 、 $2 \text{ cm}^{-2}$ 、 $\alpha = 60 \text{ cm}^{-2}$ 、 $R_f = 0.3$ 、 $R_r = 0.8$ 、 $k = 2.75$  ( $\text{cm} \cdot \text{K} \cdot \text{W}$ )、 $V_0 = 1.9 \text{ V}$ であるので、これらの値と(9)式とから半導体レーザ素子1の導波路領域41の上昇温度 $T_{j1}$ と共振器長 $L$ との関係を図に示すと、図1のようになる。このことから、半導体レーザ素子1を動作する際の導波路領域41の上昇温度 $T_{j1}$ は、

導波路領域中でのレーザ光の導波損失を $\alpha$ とし、前記活性層に注入された電流の電流密度 $J$ と、前記活性層に注入された電流がレーザ光出力に変換される割合を示すレーザ光の利得 $g$ の関係を $a \cdot J = b$ とした時の定数を $a$ 、 $b$ とし、前記半導体レーザ素子の総熱抵抗を比例定数 $k$ を用いて、 $k \cdot L + R_H$ とする時、前記共振器長 $L$ を $L = \{k \cdot \ln(1 / (R_f \cdot R_r)^{1/2}) / R_H \cdot (\alpha + b)\}^{1/2}$ としたことを特徴とする。

【0017】

【発明の実施の形態】本発明の一実施例について図1及び従来例の説明に用いた図4を参照しながら説明する。図1は、放熱性の悪いヒートシンク上にGaAlAs系の半導体レーザ素子1の導波路領域41の温度と共振器長 $L$ との関係を示す図である。本発明の実施例は、従来例で説明した図4において、ヒートシンク12に熱伝導度が高く、放熱効果がある材料、即ち、熱抵抗の低い材料を用いる代わりに、安価で、放熱効果を考慮しない材料、即ち、熱抵抗の高い材料を用いたものである。

【0018】この場合には、従来例で説明した(5)式において、ヒートシンク12の熱抵抗 $R_{H2}$ は有限値となるので、半導体レーザ素子1の導波路領域41の上昇温度 $T_{j1}$ は、熱抵抗の高い材料のヒートシンク12の熱抵抗を $R_{H1}$ とすると、以下のようになる。従来例で示した(8)式は、

微分して、 $dT_{j1}/dL = 0$ として求めると、

その共振器長 $L$ が152 $\mu\text{m}$ の時、最小となることがわかる。このようにGaAlAs系の半導体レーザ素子を熱抵抗の高い材料上に載置して動作する場合、この共振器長 $L_0$ となるように設計された半導体レーザ素子は、他の共振器長に選んで設計された半導体レーザ素子よりもこの導波路領域41の温度が高くないので、より広い温度範囲での使用が可能となる。

【0020】半導体レーザ素子を熱抵抗の高い材料上に載置して動作する場合には、GaAlAs系半導体レーザ素子に限らず、広く他の半導体レーザ素子に適用できることは言うまでもない。

【0021】

【発明の効果】本発明の半導体レーザ素子によれば、半導体レーザ素子を熱抵抗の高いヒートシンク上に載置して用いる場合には、この半導体レーザ素子の共振器長 $L$ を $L = \{k \cdot \ln(1 / (R_f \cdot R_r)^{1/2}) / R_H \cdot (\alpha + b)\}^{1/2}$ とすることにより、半導体レーザ素子の動作時における導波路領域の上昇温度を最小限に抑えることができ、この半導体レーザ素子の動作温度範囲を

広げることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の半導体レーザ素子の導波路領域の温度と共振器長との関係を示す図である。

【図2】従来の半導体レーザ素子を示す図である。

【図3】従来の半導体レーザ素子の電流-電圧特性を示す図である。

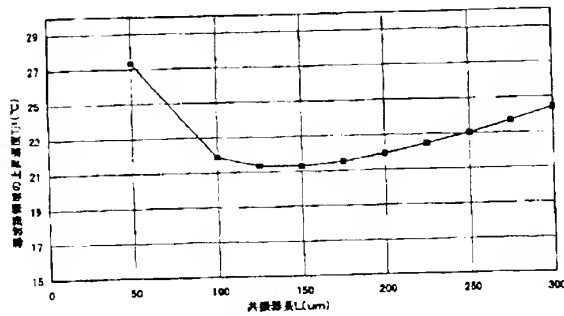
【図4】従来のヒートシンク上に載置された半導体レー

ザ素子を示す図である。

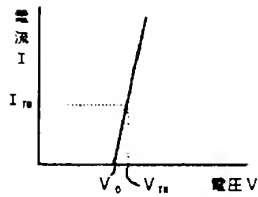
【符号の説明】

1…半導体レーザ素子、2…n型半導体基板、3…n型クラッド層、4…活性層、4<sub>1</sub>…導波路領域、5…p型クラッド層、6<sub>1</sub>、6<sub>2</sub>…電流狭窄層、7…p型コンタクト層、8…pオーミック電極、9…n型オーミック電極、10a、10b…端面、11…載置材料、12…ヒートシンク、L…共振器長

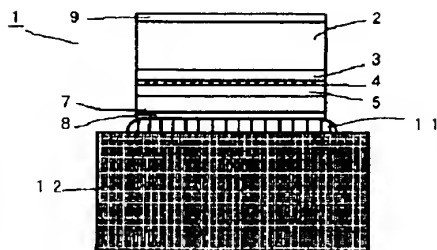
【図1】



【図3】



【図4】



【図2】

